Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 39, No. 1, Spring 2025, p. 109-121

# Investigating the Effect of Different Concentrations of Salicylic Acid and Citric Acid on some Quality Characteristics and Microbial Load of Fresh Cut Watermelon (*Citrullus lanatus*)

**V. Ajami[1*], H. Nemati[1]**

1- Department of Horticulture and Landscape Architecture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(*- Corresponding author's Email: ervahidajami@gmail.com)

Received: 12-07-2024
Revised: 05-08-2024
Accepted: 05-08-2024
Available Online: 05-08-2024

**How to cite this article:**
Ajami, V., & Nemati, H. (2025). Investigating the effect of different concentrations of salicylic acid and citric acid on some quality characteristics and microbial load of fresh cut watermelon (*Citrullus lanatus*). *Journal of Horticultural Science*, *39*(1), 109-121. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2024.88902.1361

## Introduction

Watermelon (*Citrullus lanatus)* (Thunb) is known as a rich source of various vitamins (such as vitamin A) and phytochemical compounds that have high antioxidant activity. Studies show that characteristics such as taste, nutritional value, cost, and convenience in consumption have a direct impact on consumer choice, therefore, in recent decades, the desire to consume and buy cut products has been increasing. Also, due to the large size of the watermelon, to avoid waste, this product can be offered sliced. Cutting causes damage that not only elevates respiration and ethylene production but also accelerates other biochemical reactions, leading to changes in color, taste, aroma, texture, and nutritional quality. Additionally, cutting and removing the natural protective covering of the fruit create conditions that promote an increase in microbial load. In order to increase the natural resistance of fruits and vegetables as well as maintain the sensory and nutritional quality of fresh products, it is recommended to use environmentally friendly technologies such as salicylic acid (SA). Citric acid, like salicylic acid, is considered a safe compound, and as an organic acid, it can be used as an approved food additive. Due to the positive effects of salicylic acid and citric acid on the quality properties of fresh products, no information has been found regarding the post-harvest use of these compounds on sliced watermelon. Therefore, in the present study, our aim was to investigate the effects of citric acid and salicylic acid treatments on sensory properties, quality, microbial load and color changes of cut watermelon fruit during the storage period. Our findings can provide a new strategy for maintaining the quality of sliced watermelon fruit. The microbial load and fruit tissue softening resulting from fruit cutting lead to a decline in quality due to increased fruit respiration and water loss, which are limiting factors for the post-harvest shelf life of cut watermelon fruits. In the present study, the impact of citric acid and salicylic acid on some quality indices of cut watermelon pieces during the storage period was investigated.

## Materials and Methods

The harvested fruits were transported to the laboratory and their external surface was disinfected with sodium hypochlorite (200 $\mu L.L^{-1}$) and the skin of the fruits was removed by a sharp and sterile knife. The harvested fruits were separated from their peels, and then the fruit flesh was cut into 4 cm by 4 cm pieces. The pieces were immersed in salicylic acid solutions (1 or 2 mM) and citric acid solutions (0.5 and 1 mM) for 2 minutes. Immersion in water was also introduced as a control. Subsequently, the fruits were packaged in polyethylene containers with cellophane coating and stored for 14 days at a temperature of 4 degrees Celsius.


https://doi.org/10.22067/jhs.2024.88902.1361

## Results and Discussion

Based on the results of variance analysis, immersion of freshly cut watermelon fruits in different concentrations of citric acid and salicylic acid had a significant effect on the firmness of the fruit tissue at the 1% level. The interaction effects of measurement time and immersion in solutions were significant at the 1% probability level. The highest amount of tissue stiffness was related to the treatments of 1 mM citric acid (4.58 newtons) and 2 mM salicylic acid (4.69 newtons), and the lowest value was obtained from the control samples (3.54 newtons). The highest weight loss was related to the control samples and the lowest amount was obtained from 1 mM citric acid and 2 mM salicylic acid. During the maintenance period, the highest and lowest weight loss was obtained from the control and 2 mM salicylic acid treatments, respectively. The highest amount of soluble solids was obtained from the control treatment and the lowest amount was obtained from the 2 mM salicylic acid treatment. The highest amount of microbial load was obtained from the control samples (6.11), and the lowest amount was obtained from the 2 mM salicylic acid treatment (4.02), followed by the 1 mM salicylic acid treatment (4.17). Also, with the passage of storage time, the amount of microbial load increased significantly. This study was conducted with the aim of investigating the effect of salicylic acid and citric acid on the quality and microbial characteristics of cut watermelon. This experiment included the use of different concentrations of salicylic acid and citric acid to evaluate their effect on quality parameters and microbial load in watermelon slices. Quality characteristics, including color, firmness, sweetness and overall visual appeal, were measured using standard methods. In addition, the microbial load, including both bacterial and fungal populations, was determined to evaluate the antimicrobial potential of the applied acids. The results showed significant effects of salicylic acid and citric acid on increasing some quality traits and reducing microbial contamination in watermelon slices. This research provides valuable insights into the use of salicylic acid and citric acid as potential agents to improve the quality and safety of cut watermelon. The results indicated that salicylic acid at both concentrations (1 or 2 mM) and citric acid at 1 mM led to a significant reduction in microbial load and weight loss. Moreover, the mentioned treatments restrained the increase in soluble solids content resulting from the post-harvest handling of cut watermelon fruits, contributing to the preservation of fruit tissue strength. The results of evaluating color indices and organoleptic properties indicated that salicylic acid treatments at both concentrations (1 or 2 mM) and citric acid at 1 mM preserved the fruit quality to the best extent. In general, among the treatments used in this experiment, 2 mM salicylic acid yielded the best results in preserving the quality of cut watermelon fruits during cold storage. Subsequently, treatments with 1 mM salicylic acid and 1 mM citric acid are recommended.

## Conclusions

The results indicated that salicylic acid at both concentrations (1 or 2 mM) and citric acid at 1 mM led to a significant reduction in microbial load and weight loss. Moreover, the mentioned treatments restrained the increase in soluble solids content resulting from the post-harvest handling of cut watermelon fruits, contributing to the preservation of fruit tissue strength. The results of evaluating color indices and organoleptic properties indicated that salicylic acid treatments at both concentrations (1 or 2 mM) and citric acid at 1 mM preserved the fruit quality to the best extent. In general, among the treatments used in this experiment, 2 mM salicylic acid yielded the best results in preserving the quality of cut watermelon fruits during cold storage. Subsequently, treatments with 1 mM salicylic acid and 1 mM citric acid are recommended.

**Keywords:** Color indicators, Organoleptic properties, Post-harvest life, Quality, Storage

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۳۹، شماره ۱، بهار ۱٤۰٤، ص. ۱۲۱-۱۰۹

# بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و اسید سیتریک روی برخی از ویژگی‌های کیفی و بار میکروبی هندوانه (*Citrullus lanatus*) برش‌خورده

وحید عجمی[۱*]– حسین نعمتی[۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۵


## چکیده

بار میکروبی و نرم‌شدن بافت میوه در اثر برش‌خوردن میوه‌ها باعث کاهش کیفیت در اثر تنفس بالای میوه و اتلاف آب از عوامل محدودکننده عمر پس از برداشت میوه‌های تازه برش‌خورده هندوانه (*Citrullus lanatus*) می‌باشد. در پژوهش حاضر، اثر اسید سیتریک و اسید سالیسیلیک روی برخی از شاخص‌های کیفی قطعات برش‌خورده میوه هندوانه رقم 'کریسمون' طی دوره انبارمانی مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا، پوست میوه جدا شد و سپس گوشت میوه به قطعات چهار سانتی‌متر در چهار سانتی‌متر برش داده‌شد و در محلول‌های اسید سالیسیلیک (۱ و ۲ میلی‌مولار) و اسید سیتریک (۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) به‌مدت دو دقیقه غوطه‌ور شد. غوطه‌وری در آب مقطر با دمای ۲۵ درجه سلسیوس نیز به‌عنوان شاهد معرفی شد. سپس میوه‌ها در پوشش‌هایی از جنس پلی‌اتیلن با پوشش سلوفان بسته‌بندی شدند و به‌مدت ۱۴ روز در دمای چهار درجه سلسیوس نگهداری شدند. نتایج نشان داد که اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت (۱ و ۲ میلی‌مولار) و اسید سیتریک ۱ میلی‌مولار باعث کاهش چشم‌گیر بار میکروبی و کاهش افت وزن شد. همچنین، تیمارهای ذکرشده، افزایش مواد جامد محلول کل را در طی مدت زمان نگهداری میوه‌های برش‌خورده هندوانه مهار کردند و باعث حفظ استحکام بافت میوه نیز شدند. نتایج ارزیابی شاخص‌های رنگ و خواص ارگانولپتیک بیانگر این بود که تیمارهای اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت (۱ و ۲ میلی‌مولار) و اسید سیتریک ۱ میلی‌مولار باعث حفظ هر چه بهتر کیفیت میوه نسبت به شاهد شدند. بهترین تیمار کاربرد اسید سالسیلیک با غلظت ۲ میلی‌مولار نشان داده شد. به‌طور کلی، در بین تیمارهای مورد استفاده در این آزمایش، اسید سالیسیلیک دو میلی‌مولار بهترین نتیجه را در حفظ کیفیت میوه تازه برش‌خورده هندوانه در طی انبار سرد داشت.


**واژه‌های کلیدی:** انبارمانی، خواص ارگانولپتیک، شاخص‌های رنگ، عمر پس از برداشت، کیفیت

## مقدمه

هندوانه با نام علمی *Citrullus lanatus* (Thunb) منبع غنی از ویتامین‌های مختلف (مانند ویتامین A) و ترکیبات فیتوشیمیایی که فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی دارند، شناخته شده است (Zamuz *et al*., 2021). فعالیت آنتی‌اکسیدانی این محصول بیشتر به رنگدانه‌های کارتنوئیدی لیکوپن نسبت داده می‌شود که از اکسیداسیون زنجیره DNA در بدن جلوگیری کرده و در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد نقش مهمی دارد (Sirikhet *et al*., 2021). قند موجود در هر ۱۰۰ گرم هندوانه شامل ۲/۷ گرم فروکتوز، ۰/۶ گرم گلوکز و ۲/۸ گرم ساکارز می‌باشد (Zamuz *et al*., 2021).

اندازه بزرگ، داشتن آب زیاد و حساسیت به سرما در هندوانه باعث محدودیت در نگهداری این میوه سرشار از آنتی‌اکسیدان می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد که ویژگی‌هایی مانند طعم، ارزش-غذایی، هزینه و راحتی در مصرف، بر انتخاب مصرف‌کننده تأثیر مستقیم می‌گذارد، ازاین‌رو در دهه‌های اخیر تمایل برای مصرف و خرید محصولات بریده‌شده رو به افزایش است (Mendoza-Enano *et al*., 2019). از طرفی، به‌دلیل بزرگ بودن اندازه هندوانه جهت جلوگیری از ضایعات می‌توان این محصول را به‌صورت برش‌خورده عرضه کرد. تحقیقات نشان می‌دهد که عرضه هندوانه به‌صورت برش‌خورده باعث افزایش فروش۲۰ تا ۳۰ درصد این میوه می‌شود و ۴۶ درصد از کل هندوانه‌های تولیدشده جهت تولید محصولات تازه

۱- گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول : Email: ervahidajami@gmail.com)
https://doi.org/10.22067/jhs.2024.88902.1361

برش‌خورده[1] استفاده می‌شود (Mendoza-Enano *et al.*, 2019). مواردی مانند ماندگاری، کیفیت حسی و مقبولیت مصرف‌کننده عوامل کلیدی در تعیین کیفیت و موفقیت فروش محصولات تازه هستند (Smith *et al.*, 2017).

آسیب ناشی از برش نه‌تنها باعث افزایش تنفس و تولید اتیلن می‌شود، بلکه باعث افزایش سایر واکنش‌های بیوشیمیایی می‌شود که مسئول تغییرات رنگ، طعم و عطر و همچنین در بافت و کیفیت تغذیه هستند. همچنین برش خوردن محصولات و حذف پوشش طبیعی میوه، شرایط را برای افزایش بار میکروبی فراهم می‌کند (Smith *et al.*, 2017). برش دادن محصولات سبب کاهش غیر قابل برگشت کیفیت آن‌ها می‌شود، ولی با به‌کارگیری تکنیک‌های فرآوری و ترکیبات ایمن بازدارنده آنزیم‌های قهوه‌ای شدن و کاهنده تولید اتیلن می‌تواند کاهش کیفیت در محصولات برش‌خورده را به تأخیر بیندازد.

به‌منظور افزایش مقاومت طبیعی میوه‌ها و سبزیجات و همچنین حفظ کیفیت حسی و تغذیه‌ای محصولات تازه، استفاده از فناوری‌های سازگار با محیط زیست مانند اسید سالیسیلیک (SA) توصیه شده است. نشان داده شده است که اسید سالیسیلیک پتانسیل بالایی در به تأخیر انداختن رسیدگی محصولات، افزایش کیفیت و مهار تلفات پس از برداشت دارد (Aghdam *et al.*, 2016). استفاده از اسید سالیسیلیک می‌تواند به‌طور مؤثری پوسیدگی‌های قارچی پس از برداشت میوه توت فرنگی (*Fragaria × ananassa*) را مهار کند و باعث حفظ کیفیت کلی میوه می‌شود (Babalar *et al.*, 2007). گزارش شده است که تیمار پس از برداشت میوه‌های گیلاس با اسید سالیسیلیک موجب افزایش فنل کل، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، اسید آسکوربیک و فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز می‌شود (Dokhanieh *et al.*, 2013).

اسید سیتریک هم مانند اسید سالیسیلیک به‌عنوان ترکیب بی‌خطر و ایمن در نظر گرفته می‌شود و به‌عنوان یک اسید آلی، می‌تواند به‌عنوان یک افزودنی غذایی مجاز استفاده شود (Sommers *et al.*, 2003). مطالعه قبلی نشان داده‌است که اسید سیتریک نه‌تنها از رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها در میوه‌ها و سبزیجات جلوگیری می‌کند، بلکه باعث بهبود مقاومت به بیماری در سبزیجات حین نگهداری نیز می‌شود (Patrignani *et al.*, 2015). همچنین این ترکیب می‌تواند در طول مدت پس از برداشت باعث کاهش تنفس در میوه‌ها و همچنین کاهش و تأخیر میزان قهوه‌ای شدن میوه شود و از توسعه بیماری قارچی میوه طی نگهداری جلوگیری نموده و یا روند آن را به تأخیر بیاندازد (Pilizota & Sapers, 2004) و افزودنی خوبی برای بهبود اسیدیته قابل تیتراسیون و طعم غذاها است و در نتیجه، کیفیت نگهداری را بهبود می‌بخشد و از فساد مواد غذایی جلوگیری می‌کند. تیمار اسید سیتریک می‌تواند کاهش قندهای محلول و اسیدیته قابل تیتر شدن را تقلیل نموده و جهت حفظ کیفیت میوه‌های عناب در طول ذخیره‌سازی مفید می‌باشد (Zhao *et al.*, 2009). بنابراین، تیمار با اسید سیتریک به‌طور بالقوه یک رویکرد ایده‌آل برای حفظ کیفیت محصولات تازه است. بااین‌حال، اثر تیمار اسید سیتریک بر محصولات فساد‌پذیر مانند هندوانه برش‌خورده در حال حاضر ناشناخته است.

با توجه به اثرات مثبت اسید سالیسیلک و اسید سیتریک بر خواص کیفی محصولات تازه، اطلاعات کمی در خصوص کاربرد پس از برداشت این ترکیبات بر هندوانه برش‌خورده یافت شد. بنابراین هدف مطالعه حاضر، بررسی اثر تیمارهای اسید سیتریک و اسید سالیسیلیک بر خواص حسی، کیفی، میزان بار میکروبی و تغییرات رنگ میوه برش‌خورده هندوانه در طی دوره نگهداری می‌باشد. یافته‌های این پژوهش می‌تواند راهکار جدیدی را جهت حفظ کیفیت میوه برش‌خورده هندوانه ارائه دهد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در آزمایشگاه گروه باغبانی و فضای سبز دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی در تابستان سال ۱۴۰۰ انجام شد. برداشت میوه‌ها در اواخر تیر ماه از یک باغ تجاری در حومه شهر مشهد صورت گرفت. رقم هندوانه مورد استفاده در این آزمایش، رقم کریمسون[2] انتخاب شد. شاخص برداشت صدای بم ناشی از ضربه به میوه، خشک‌شدن پیچک مجاور میوه و تغییر رنگ نوارهای پوست میوه هندوانه در نظر گرفته شد. میوه‌های برداشت‌شده با رعایت زنجیره سرما به آزمایشگاه منتقل شدند و سطح خارجی آن‌ها با سدیم هیپوکلریت (۲۰۰ میکرولیتر در لیتر) ضدعفونی گردید و پوست میوه‌ها توسط چاقوی تیز و استریل حذف شد. سپس گوشت میوه (ناحیه قرمز رنگ) به قطعات چهار سانتی‌متر در چهار سانتی‌متر برش داده شد.

### تهیه محلول‌ها

در این تحقیق از اسید سالیسیلیک و اسید سیتریک با برند مرک آلمان استفاده شد. اسید سیتریک (CA) در غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار و اسید سالیسیلیک (SA) در غلظت‌های یک و دو میلی‌مولار تهیه شد. غوطه‌وری در آب مقطر نیز به‌عنوان شاهد (Control) در نظر گرفته شد. قطعات برش‌خورده هندوانه در محلول‌های ذکرشده به‌مدت دو دقیقه غوطه‌ور شدند. بعد از خارج کردن قطعات برش‌خورده هندوانه از محلول‌های تهیه‌شده، هندوانه‌ها در ظروف پلی‌اتیلن با پوشش سلوفان بسته‌بندی و در داخل یخچال با

1- Fresh cut

دمای چهار درجه سلسیوس و رطوبت ۸۵ درصد نگهداری شدند. صفات مورد ارزیابی در روزهای صفر، ۷ و ۱۴ مورد بررسی قرار گرفت.

### ارزیابی صفات

#### کاهش وزن

برای اندازه‌گیری درصد کاهش وزن، بعد از بسته‌بندی میوه‌ها و قبل انبار کردن، بسته‌ها را وزن کرده و در پایان زمان انبارمانی با استفاده از معادله زیر درصد کاهش وزن بسته‌ها محاسبه گردید.

$$\text{درصد کاهش وزن} = \frac{\text{وزن اولیه} - \text{وزن ثانویه}}{\text{وزن اولیه}} \times 100 \qquad (۱)$$

#### سفتی بافت

سفتی بافت میوه توسط دستگاه سفتی‌سنج دیجیتالی مدل H5KS–Hounsfield ساخت انگلستان اندازه‌گیری شد. برای این منظور از پروب دو میلی‌متری استفاده گردید و در سه ناحیه از هر قطعه سفتی بافت مورد بررسی قرار گرفت و میزان آن بر حسب نیوتون بیان شد.

#### مواد جامد محلول کل

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول، یک قطره از آب میوه همگن‌شده هندوانه روی صفحه رفراکتومتر دستی ATAGO مدل MC 20181 قرار داد شد و عدد آن در واحد درصد قرائت و یادداشت شد.

#### مؤلفه‌های رنگ

برای اندازه‌گیری‌های مربوط به مؤلفه‌های رنگ گوشت میوه مانند $L^*$ (میزان روشنایی)، $a^*$ (سبز تا قرمز )، $b^*$ ( آبی تا زرد)، از دستگاه رنگ‌سنج (TES 135A - TAIWAN) استفاده شد. رنگ گوشت میوه توسط سنسور دستگاه آنالیز و به‌صورت عددی ثابت ثبت گردید.

#### بار میکروبی

نمونه‌ها از نظر شمارش کلی ریزجانداران مورد ارزیابی قرار گرفتند. بلافاصله پس از خروج نمونه‌ها از یخچال، نمونه‌گیری تصادفی از نمونه‌های آزمایش انجام شد و رقت سریالی در محلول سرم فیزیولوژی استریل تهیه گردید و مقدار ۰/۱ میلی‌لیتر به‌صورت کشت سطحی در پلیت‌های محتوی محیط کشت قرار گرفت و سپس به‌مدت حداقل ۴۸ ساعت در گرم‌خانه با دمای ۳۰ درجه سلسیوس قرار گرفت و شمارش کلی میکروب‌ها انجام شد. در این آزمایش، برای شمارش کلی بار میکروبی از محیط کشت استاندارد پلیت کانت آگار استفاده گردید (Da Silva *et al.*, 2018). در نهایت، بار میکروبی به‌صورت تعداد در گرم نمونه‌ها گزارش شد.

#### خواص حسی

ارزیابی حسی میوه‌های برش‌خورده هندوانه به‌روش آزمون هدونیک ۱۰ نقطه‌ای توسط ۲۰ ارزیاب حسی که از بین جمعیت دانشجویان کارشناسی دختر و پسر انتخاب شدند، انجام گرفت. ویژگی‌های بافت، رنگ، طعم و رایحه و مقبولیت کلی میوه‌ها توسط ارزیاب‌ها مورد بررسی قرار گرفت، به این صورت که برای میوه‌های خیلی خوب امتیاز ۱۰ و برای میوه‌های خیلی بد امتیاز یک در نظر گرفته شد. امتیاز پنج به‌عنوان آستانه تعریف شد، به‌گونه‌ای‌که امتیاز پنج به بالا دارای کیفیت مطلوب بوده و قابل قبول برای مصرف‌کننده و عرضه به بازار فروش بود (Panou *et al.*, 2018).

#### آنالیز داده‌ها

طرح آزمایشی مورد استفاده در این آزمایش، فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انتخاب شد. فاکتورهای آزمایش شامل ۱: پنج تیمار محلول‌پاشی (شاهد، دو غلظت اسید سالیسیلیک و دو غلظت اسید سیتریک) و ۲: سه زمان اندازه‌گیری (صفر، ۷ و ۱۴ روز) در نظر گرفته‌شد. برای کل آزمایش، تعداد ۲۰ عدد هندوانه مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Genstat 12.2 انجام شد و مقایسه میانگین تیمارها براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

### نتایج و بحث

#### سفتی بافت

براساس نتایج تجزیه واریانس، غوطه‌وری میوه‌های تازه برش‌خورده هندوانه در غلظت‌های مختلف اسید سیتریک و اسید سالیسیلک بر سفتی بافت میوه اثر معنی‌داری در سطح یک درصد داشت (جدول ۱). همچنین اثرات متقابل زمان اندازه‌گیری و غوطه‌وری در محلول‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده و متقابل نیز نشان داد که بیشترین مقدار سفتی بافت مربوط به تیمارهای اسید سیتریک ۱ میلی‌مولار (۴/۵۸ نیوتون) و اسید سالیسیلک ۲ میلی‌مولار (۴/۶۹ نیوتون) بود و کم‌ترین مقدار آن از نمونه‌های شاهد (۳/۵۴ نیوتون) حاصل شد (شکل ۱).

بررسی اثرات متقابل نشان داد که غوطه‌وری در محلول‌های اسید سیتریک ۱ میلی‌مولار و اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار در روزهای ۷ و ۱۴ اندازه‌گیری نسبت به سایر تیمارها، سفتی بافت میوه را بهتر حفظ کرد. نرم‌شدن میوه در طول نگهداری حاصل فعالیت آنزیم‌های هضم‌کننده دیواره سلولی مانند پکتین‌متیل‌استراز، پلی گالاکتوروناز و سلولاز می‌باشد (Xue *et al.*, 2020). اسید سالیسیلیک و اسید سیتریک با جلوگیری از بیان ژن‌های این آنزیم‌ها و فعالیت آنتاگونیستی که با اتیلن دارند موجب تأخیر در رسیدن و نرم شدن میوه‌ها می‌شوند (Chavan & Sakhal, 2020; Krause *et al.*, 2021). نتایج این پژوهش مطابق یافته‌های به‌دست‌آمده روی میوه گواوا است، که در آن مشخص شد اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار و ۴ میلی‌مولار، سفتی میوه را تا پایان دوره انبارداری حفظ کردند و می‌توان علت آن را به کاهش قابل ملاحظه فعالیت پکتین متیل استراز نسبت داد (H Abd El-Aziz, 2020).

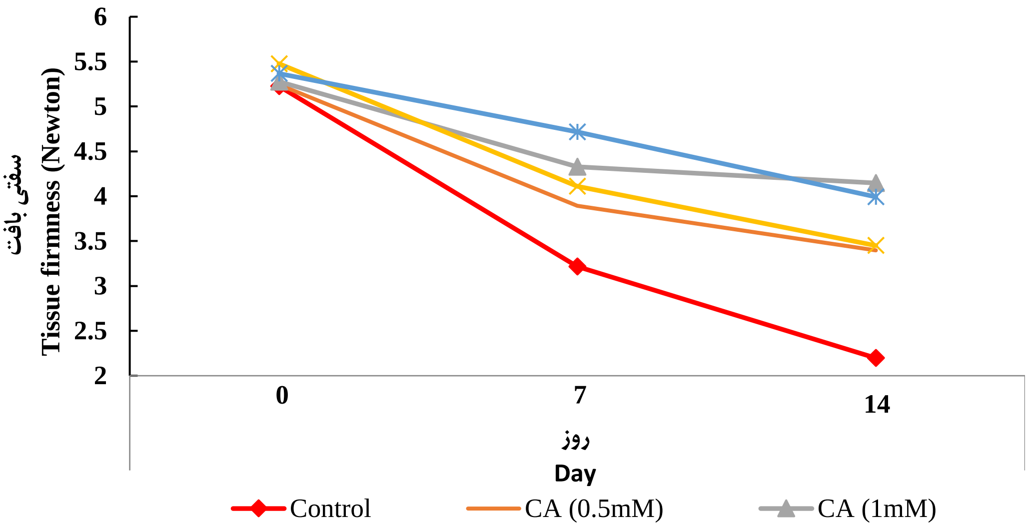
**جدول ۱- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف اسید سیتریک و اسید سالیسیلیک روی برخی از صفات کیفی هندوانه برش‌خورده رقم 'کریسمون' در زمان‌های مختلف**

**Table 1- ANOVA for the effect of different concentrations of citric acid and salicylic acid on some quality traits of sliced watermelon cv. Crimson in the different times**

| منابع تغییر S.O.V | درجه آزادی df | میانگین مربعات Mean squares: کاهش وزن Weight loss | مواد جامد محلول Total soluble solids | سفتی بافت Firmness | رنگ Color: *L** | *a** | *b** | بار میکروبی Microbial load |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تیمار Treatment (Tr) | 4 | 9.05** | 72.07** | 7.32** | 5.34$^{ns}$ | 96.67** | 36.39** | 52.37** |
| زمان Time (T) | 2 | 60.98** | 8.088** | 27.59** | 1059** | 168.6** | 61.34** | 52.94** |
| Tr×T | 8 | 5.04** | 9.311$^{ns}$ | 3.59** | 4.06$^{ns}$ | 68.53** | 23.26** | 14.89** |
| خطا Error | 30 | 0.63 | 1.16 | 0.61 | 4.49 | 1.48 | 2.24 | 1.46 |

ns، ** و *: به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and *: non-significant, and significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively




**شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف اسید سیتریک و اسید سالیسیلیک بر سفتی بافت هندوانه برش‌خورده رقم 'کریسمون' در زمان‌های مختلف**

**Figure 1- The effect of different concentrations of citric acid and salicylic on the firmness of cut watermelon tissue cv. Crimson in the different times (LSD, $p\leq0.05$)**

Control: شاهد، CA (0.5 Mm): اسید سیتریک ۰/۵ میلی‌مولار، CA (1 Mm): اسید سیتریک ۱ میلی‌مولار، SA (1 Mm): اسید سالسیلیک ۱ میلی‌مولار، SA (2 Mm): اسید سالسیلیک ۲ میلی‌مولار

Control: control, CA(0.5 mM): citric acid at 0.5 mM, CA (1mM): citric acid at 1 mM, SA(1mM): salicylic acid at 1 mM, SA (2 mM): salicylic acid at 2 mM

**کاهش وزن**

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثرات ساده و متقابل غوطه‌وری با محلول‌های اسید سالیسیلیک و اسید سیتریک و زمان اندازه‌گیری بر کاهش وزن میوه تازه برش‌خورده هندوانه تأثیر معنی‌داری داشت (سطح احتمال یک درصد). بیشترین کاهش وزن مربوط به نمونه‌های شاهد به‌میزان ۴/۲۳ درصد بود و کمترین مقدار آن از اسید سیتریک ۱ میلی‌مولار و اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار به‌میزان ۲/۰۱ درصد حاصل شد (جدول ۲). بااین‌حال، از نظر آماری اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین تیمارهای اسید سیتریک ۱ میلی‌مولار و اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار با اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار مشاهده نشد. همچنین بررسی مقایسه میانگین روزهای اندازه‌گیری نشان داد که با افزایش دوره نگهداری، کاهش وزن میوه افزایش قابل‌توجهی داشت. مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که در طی دوره نگهداری، بیشترین و کم‌ترین مقدار کاهش وزن به‌ترتیب از تیمارهای شاهد و اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار به‌دست آمد (شکل ۲).

کاهش وزن قطعات بریده هندوانه، صفت نامطلوبی محسوب می‌شود، زیرا به بافت، ظاهر خیس می‌دهد و یک بستر مناسب برای رشد میکروبی را فراهم می‌کند (Alibeygi *et al.*, 2018). فعالیت‌هایی مانند تنفس، تبخیر و تعرق و فعالیت‌های متابولیکی منجر به از دست دادن آب میوه و کاهش وزن می‌شوند. احتمالاً اسید سالیسیلیک با کاهش میزان اتیلن و نرخ تنفس و همچنین با بستن روزنه‌ها، متابولیسم سلولی را کاهش داده و از اتلاف آب جلوگیری می‌کند که نتیجه آن، کاهش افت وزن میوه‌ها در طی دوره نگهداری است (Ul Haq *et al.*, 2022). اسید سیتریک نیز سازوکار مشابه اسید سالیسیلیک را دارد و با خاصیت آنتاگونیستی که با اتیلن دارد موجب کاهش تنفس و کاهش از دست‌دهی رطوبت میوه می‌شود. این اثر اسید سالیسیلیک در تحقیقات لیوسفی و همکاران (Lyousfi *et al.*, 2021) بر میوه شلیل نیز به اثبات رسیده است.

**جدول ۲- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف اسید سیتریک و اسید سالیسیلیک روی برخی از ویژگی‌های حسی هندوانه برش‌خورده رقم کریسمون' در زمان‌های مختلف**

**Table 2- ANOVA for the effect of different concentrations of citric acid and salicylic acid on some sensory characteristics of sliced watermelon cv. Crimsonin in the different times**

| منابع تغییر S.O.V | درجه آزادی df | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | رنگ Color | مزه Flavor | رایحه Odor | بافت Texture | پذیرش کلی Overall_quality |
| تیمار Treatment (Tr) | 4 | 39.86** | 72.137** | 79.20** | 72.20** | 66.97** |
| زمان Time (T) | 2 | 121.6** | 184.04** | 205.7** | 152.8** | 147.3** |
| Tr × T | 8 | 22.40** | 40.40** | 42.26** | 45.60** | 41.28** |
| خطا Error | 30 | 5.333 | 6.00 | 8.00 | 5.33 | 4.66 |

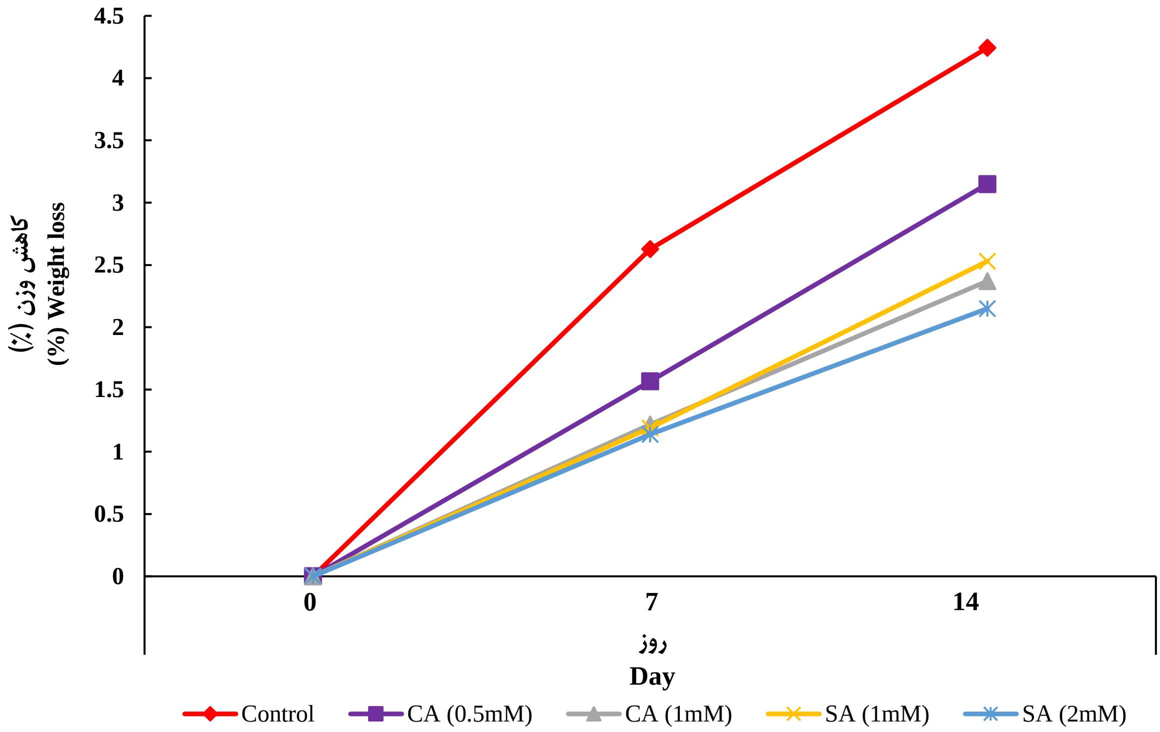
ns، ** و *: به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and *: non-significant, and significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively

**مواد جامد محلول کل**

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که اثرات ساده زمان اندازه‌گیری و غوطه‌وری در محلول‌های اسید سالیسیلیک و اسید سیتریک بر مواد جامد محلول تأثیر معنی‌داری داشت (سطح احتمال یک درصد)، به‌طوری‌که بیشترین مقدار مواد جامد محلول از شاهد به‌میزان ۱۲/۱۱ درصد و کم‌ترین مقدار آن در تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار به‌میزان ۱۰/۸۷ درصد به‌دست آمد. با این وجود، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار با اسید سالیسیلیک۱ میلی‌مولار و اسید سیتریک ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار وجود نداشت (جدول ۳). درصد مواد جامد محلول یکی از صفات کیفی میوه و از شاخص‌های مهم کیفیت محصول محسوب می‌شود. با رسیدن میوه، فعالیت آنزیم ساکارز فسفات سنتاز که موجب تبدیل پلی ساکاریدها به ساکارز می‌شود، افزایش می‌یابد و این آنزیم کلیدی بیوسنتز ساکارز توسط اتیلن فعال می‌گردد (Lin *et al.*, 2015). طبق تحقیقات صورت‌گرفته به اثبات رسیده است که سالسیلات‌ها از طریق جلوگیری از تبدیل ACC به اتیلن، مانع بیوسنتز اتیلن می‌شوند (Xue *et al.*, 2020). بنابراین می‌توان پایین بودن مقدار مواد جامد محلول در تیمار اسید سالیسیلیک را به کاهش اتیلن مربوط دانست، زیرا هرگونه کاهش در تولید و اثر اتیلن، کاهش در فرآیند تنفس و تأخیر در رسیدن، ممکن است موجب کاهش میزان مواد جامد محلول در

میوه گردد، که نتایج حاصل از تحقیق حاضر نیز باعث کاهش ۱۶/۷۱ درصدی شد که این موضوع را محتمل‌تر می‌کند. همچنین اسید سیتریک با کاهش pH و اسیدی کردن محیط باعث کاهش مقدار مواد جامد محلول می‌شود. نتایج این پژوهش با نتایج اکولای و سانی (Okolie & Sanni, 2012) روی میوه گلابی مطابقت دارد.




**شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف اسید سیتریک و اسید سالسیلیک بر میزان کاهش وزن هندوانه برش‌خورده رقم 'کریسمون' در زمان‌های مختلف**

**Figure 2- The effect of different concentrations of citric acid and salicylic acidon the weight loss of sliced watermelon cv. Crimsonin in the different times *(LSD, p≤0.05)***

Control: شاهد، CA (0.5 Mm): اسید سیتریک ۰/۵ میلی‌مولار، CA (1 Mm): اسید سیتریک ۱ میلی‌مولار، SA (1 Mm): اسید سالسیلیک ۱میلی‌مولار، SA (2 Mm): اسید سالسیلیک ۲ میلی‌مولار

Control: control, CA (0.5 mM): citric acid at 0.5 mM, CA (1 mM): citric acid at 1 mM, SA (1 mM): salicylic acid at 1 mM, SA (2 mM): salicylic acid at 2 mM

**بار میکروبی**

براساس نتایج تجزیه واریانس، غوطه‌وری میوه‌های برش‌خورده هندوانه در غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و اسید سیتریک بر مقدار بار میکروبی میوه اثر معنی‌داری در سطح یگ درصد داشت (جدول ۱). جدول مقایسه میانگین مربوط به بار میکروبی میوه نشان‌دهنده این است که تمامی تیمارها با شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند (شکل ۳)، به‌طوری‌که بیشترین مقدار بار میکروبی از نمونه‌های شاهد (۶/۱۱ تعداد بر گرم نمونه) حاصل شد و کم‌ترین مقدار آن از تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار (۴/۰۲) و به دنبال آن از تیمار اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار (۴/۱۷) حاصل شد. همچنین با گذشت زمان نگهداری، مقدار بار میکروبی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش یافت. نتایج اثرات متقابل تیمارهای غوطه‌وری و زمان نگهداری نیز نشان داد که در طی روزهای ۷ و ۱۴، کم‌ترین و بیشترین سطح بار میکروبی به‌ترتیب از شاهد و اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار به‌دست آمد.

گزارش شده است که کاربرد اسید سالیسیلیک باعث بیان ژن‌های مربوط به جلوگیری از رشد قارچ‌ها و خسارت بیمارگرها می‌شود (Poole *et al.*, 1994). اسید سالیسیلیک به دو طریق می‌تواند سبب کاهش و تأخیر در بیماری و فساد محصولات شود. از یک سو اثرات مستقیم ضدقارچی نشان داده و رشد میسیلیوم و جوانه‌زنی اسپور قارچ را کاهش می‌دهد و از طرف دیگر باعث القاء مقاومت سیستمیک در برابر بیماگرها می‌شود و در نتیجه باعث فعال‌شدن آنزیم‌های دفاعی می‌گردد (Aghdam *et al.*, 2016).

جدول ۳- اثر غلظت‌های مختلف اسید سیتریک و اسید سالیسیلیک روی برخی از صفات کیفی هندوانه برش‌خورده رقم 'کریمسون' در زمان‌های مختلف

Table 3- The effect of citric acid and salicylic acid on some quality traits of sliced watermelon cv. Crimsonin in the different times

| تیمارهای آزمایشی<br>Experimental treatments | کاهش وزن<br>Weight loss (%) | مواد جامد محلول<br>Total soluble solids (%) | سفتی بافت<br>Firmness (Newton) | بار میکروبی<br>Microbial load (log CFU.g$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|
| شاهد (آب مقطر)<br>Control (distilled water) | 2.29±0.1[a*] | 12.11±0.3[a] | 3.54±0.1[c] | 6.11±0.5[a] |
| اسید سیتریک ۰/۵ میلی‌مولار<br>CA 0.5 mmol | 1.57±0.1[b] | 10.83±0.4[b] | 4.17±0.2[b] | 4.96±0.1[b] |
| اسید سیتریک ۱ میلی‌مولار<br>CA 1 mmol | 1.10±0.1[c] | 10.44±0.2[b] | 4.58±0.1[a] | 4.53±0.2[b] |
| اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار<br>SA 1 mmol | 1.24±0.2[bc] | 10.87±0.3[b] | 4.34±0.3[ab] | 4.17±0.1[bc] |
| اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار<br>SA 2 mmol | 1.09±0.1[c] | 10.42±0.1[b] | 4.69±0.1[a] | 4.02±0.1[c] |
| **زمان<br>Time (day)** | **کاهش وزن<br>Weight loss (%)** | **مواد جامد محلول<br>Total soluble solids (%)** | **سفتی بافت<br>Firmness (Newton)** | **بار میکروبی<br>Microbial load (log CFU.g$^{-1}$)** |
| 0 | - | 12.36±0.3[a] | 5.31±0.1[a] | 1.35±0.0[c] |
| 7 | 1.53±0.2[b] | 10.80±0.2[b] | 4.53±0.3[b] | 4.89±0.1[b] |
| 14 | 2.84±0.3[a] | 9.26±0.2[b] | 3.43±0.2[c] | 5.97±0.1[a] |
| ضریب تغییرات<br>CV (%) | 4.78 | 2.41 | 3.33 | 4.62 |

* حروف مشابه در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون LSD می‌باشد.

* In each column, numbers with the common letters have not a significant difference based on LSD test at $p\leq 0.05$.

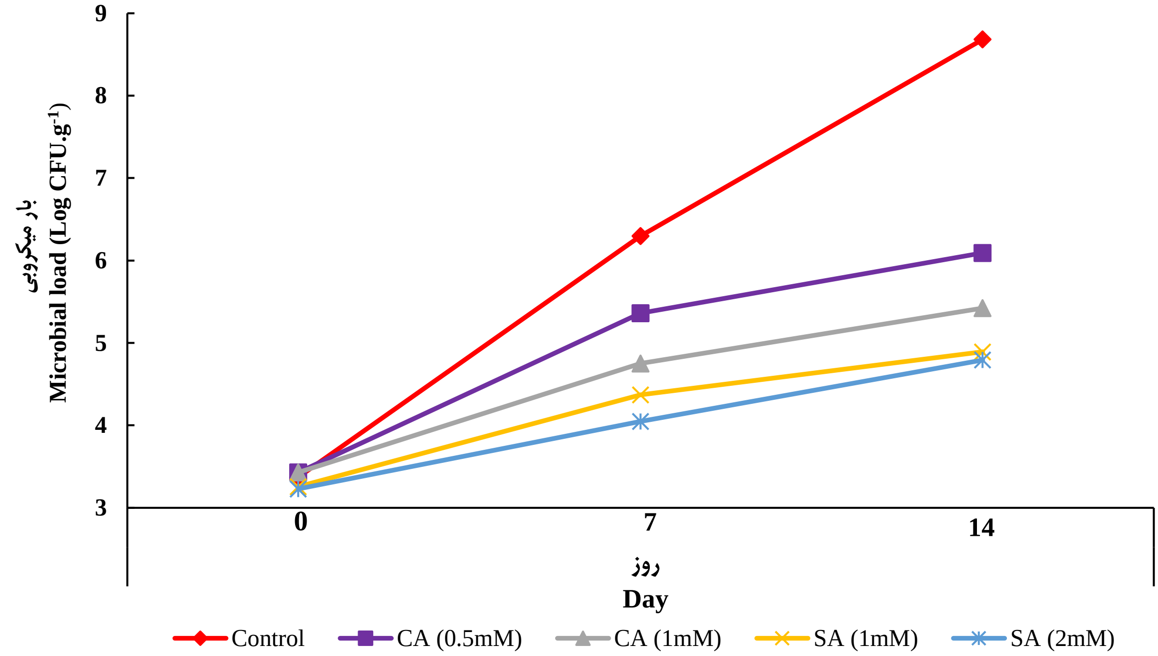
بررسی مطالعات قبلی نشان می‌دهد که اسید سالیسیلیک با سنتز آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز به افزایش متابولیت‌های ثانویه کمک نموده و به‌طور مستقیم از رشد بیمارگر جلوگیری کرده و در نتیجه باعث افزایش بازارپسندی میوه‌ها می‌شود (Milosevic & Slusarenko, 1996). همچنین تحقیقات نشان داده است که اسید سیتریک به‌عنوان یک ماده کاهنده pH مانع از تکثیر و تجمع عوامل بیماری‌زا در میوه‌های نگهداری‌شده می‌شود (Whangchai *et al*., 2006). رشد ریزجانداران هنگامی که pH به زیر حد آستانه فعالیت آن‌ها می‌رسد، کاهش می‌یابد و متوقف می‌شود. نتایج این تحقیق با نتایج به‌دست‌آمده روی میوه زردآلو مطابقت دارد (Ali *et al*., 2013).

## تغییرات رنگ

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های فاکتورهای رنگ‌سنجی مشخص کرد که غوطه‌وری حبه‌های هندوانه در محلول‌های اسید سیتریک و اسید سالیسیلک، اثر معنی‌داری بر شاخص‌های رنگی مقادیر a و b داشت، درحالی‌که تیمارهای ذکرشده بر مقادیر شاخص L (شاخص روشنایی رنگ میوه) تأثیری نداشت (جدول ۱).

اسید سیتریک و اسید سالیسیلک باعث حفظ مقادیر a و b نسبت به گروه شاهد شدند، به‌طوری‌که بیشترین و کم‌ترین مقدار a و b به‌ترتیب از تیمارهای اسید سالیسیلک ۱ میلی‌مولار و شاهد حاصل شد (جدول ۴). با این وجود، بین تیمارهای اسید سالیسیلک ۱ میلی‌مولار، اسید سالیسیلک ۲ میلی‌مولار و اسید سیتریک ۱ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری یافت نشد. سافتنر و همکاران (Saftner *et al*., 2007) نشان داد که مقادیر a و b به‌طور مستقیم با غلظت لیکوپن و کاروتن بافت در هندوانه تازه برش‌خورده همبستگی دارد. به‌طور کلی، گفته می‌شود که افزایش در میزان لیکوپن به‌عنوان رنگدانه غالب در هندوانه، به احتمال زیاد عامل افزایش در میزان شاخص خلوص رنگ است و بر عکس این حالت، در زمانی‌که میوه‌ها برش‌خورده هستند و دچار تنش حاصل از بریدگی شدند، با تخریب وکاهش میزان لیکوپن، شاهد روند کاهشی شاخص خلوص رنگ نیز خواهیم بود (Saftner *et al*., 2007). اسید سالیسیلک و اسید سیتریک با کاهش تولید اتیلن، موجب کاهش تنفس و کاهش سرعت فرآیند رسیدن شده و از طریق به تأخیر انداختن پیری و کاهش اکسیداسیون رنگدانه‌های میوه از تغییرات رنگ جلوگیری کرده و کیفیت رنگ میوه را حفظ می‌کند (Tareen *et al*., 2012). همچنین، نتایج نشان داد که در طول دوره انبارمانی، با گذشت زمان از مقدار L و a کاسته شد. این کاهش را می‌توان به فرآیند پیری و اکسایش رنگدانه‌های میوه هندوانه نسبت داد Saftner *et al*., (2007)به‌طور کلی، کاهش کیفیت رنگ

سطحی قطعه‌های برش¬خورده هندوانه در طی نگهداری در انبار سرد با دمای پایین، احتمالاً در اثر اکسایش ناشی از برش زدن با آسیب‌های سرمایی رخ دهد (Ebadi *et al*., 2012).




**شکل ۳- اثر غلظت‌های اسید سیتریک و اسید سالسیلیک بر بار میکروبی هندوانه برش‌خورده رقم 'کریسمون' در زمان‌های مختلف**

Control: شاهد، CA (0.5 Mm): اسید سیتریک ۰/۵ میلی‌مولار، CA (1 Mm): اسید سیتریک ۱ میلی‌مولار، SA (1 Mm): اسید سالسیلیک ۱ میلی‌مولار، SA (2 Mm): اسید سالسیلیک ۲ میلی‌مولار

**Figure 3- The effect of citric acid and salicylic acid on the microbial load of sliced watermelon cv. Crimsonin in the different times *(LSD, p≤0.05)***

Control: control, CA (0.5 mM): citric acid at 0.5 mM, CA (1 mM): citric acid at 1 mM, SA (1 mM): salicylic acid at 1 mM, SA (2 mM): salicylic acid at 2 mM

## خواص ارگانولپتیک

نتایج ارزیابی خواص حسی از قبیل رنگ، رایحه، مزه، بافت و پذیرش کلی میوه‌های برش‌خورده هندوانه نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بین نمونه‌های تیمار نشده و تیمارشده وجود داشت (جدول ۴). در مقایسه دو ترکیب اسید سیتریک و اسید سالیسیلک به‌کاربرده‌شده برای غوطه‌وری، از نظر ارزیاب‌ها میوه‌های تیمارشده با اسید سالیسیلک (۱ یا ۲ میلی‌مولار) را نسبت به سایر تیمارها با کیفیت‌تر ارزیابی کردند و غوطه‌وری با اسید سالیسیلک نمرات بیشتری را به خود اختصاص داد.

نقش اساسی اسید سالیسیلک و اسید سیتریک در حفظ خواص ارگانولپتیک از قبیل رنگ، رایحه، مزه، بافت و پذیرش کلی میوه‌های برش‌خورده هندوانه بیشتر به‌دلیل جلوگیری از رشد قارچ و پوسیدگی می‌باشد. از طرفی، می‌توان گفت که اسید سالیسیلک با جلوگیری از تولید اتیلن و نرم شدن میوه باعث جوان ماندن و تأخیر در وقوع پیری می‌شود. از طرفی، با توجه به اینکه آنتی‌اکسیدان کل سلول‌های بافت‌گیاهی سبب ایجاد مقاومت در مقابل آسیب‌های حاصل از دمای پایین انبار می‌گردد و اسید سالیسیلک و اسید سیتریک موجب افزایش آنتی‌اکسیدان کل سلول‌های میوه می‌شود، می‌توان حفظ کیفیت خواص ارگانولپتیک در میوه‌های تیمارشده با اسید سالیسیلک و اسید سیتریک را به این ویژگی تیمارها نسبت داد، همچنین نتایج نشان داد که با گذشت زمان، تمامی خواص ارگانولپتیک نسبت به روز صفر کاهش یافت. نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق مطابق با نتایج ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2003) روی میوه کیوی بود، آن‌ها گزارش کردند که کاربرد اسید سالسیلیک می‌تواند فرآیند تولید رادیکال‌های آزاد سوپراکسید، پیری و تنفس را به تأخیر بیندازد.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف اسید سیتریک و اسید سالیسیلیک بر مؤلفه‌های رنگ و ویژگی‌های حسی هندوانه برش‌خورده رقم 'کریسمون' در زمان‌های مختلف

**Table 4- The effect of citric acid and salicylic acid a on the color components and sensory characteristics of sliced watermelon cv. Crimsonin in the different times**

| تیمارهای آزمایشی Experimental treatments | رنگ Color | | | ویژگی‌های حسی Sensory properties | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *L** | *a** | *b** | رنگ Color | مزه Flavor | رایحه Odor | بافت Texture | پذیرش کلی Overall_quality |
| شاهد (آب مقطر) Control (distilled water) | 39.3±2.9[a*] | 15.3±0.3[c] | 8.1±0.1[c] | 6.0±0.1[b] | 5.2±0.0[c] | 4.6±0.1[d] | 5.22±0.1[c] | 5.4±0.1[c] |
| اسید سیتریک ۰/۵ میلی‌مولار CA 0.5 mmol | 39.6±3.7[a] | 16.6±0.2[b] | 9.6±0.1[b] | 8.0±0.0[a] | 7.7±0.1[b] | 6.8±0.1[c] | 7.22±0.2[b] | 7.5±0.2[b] |
| اسید سیتریک ۱ میلی‌مولار CA 1 mmol | 39.2±4.1[a] | 18.7±0.3[a] | 10.3±0.2[a] | 8.1±0.2[a] | 7.7±0.2[b] | 7.6±0.3[b] | 8.11±0.3[ab] | 7.6±0.1[b] |
| اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار SA 1 mmol | 39.4±2.5[a] | 18.9±0.4[a] | 10.1±0.1[a] | 8.3±0.1[a] | 8.5±0.4[a] | 8.2±0.3[a] | 8.55±0.2[a] | 8.6±0.0[a] |
| اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار SA 2 mmol | 40.2±3.4[a] | 18.8±0.3[a] | 10.7±0.1[a] | 8.4±0.2[a] | 8.7±0.3[a] | 8.2±0.1[a] | 8.77±0.1[a] | 8.8±0.3[a] |
| **زمان Time (day)** | **رنگ Color** | | | **ویژگی‌های حسی Sensory properties** | | | | |
| | *L** | *a** | *b** | رنگ Color | مزه Flavor | رایحه Odor | بافت Texture | پذیرش کلی Overall_quality |
| 0 | 44.6±3.8[a*] | 20.1±0.5[a] | 11.2±0.3 | 10.0±0.2[a] | 10.0±0.2[a] | 10.0±0.2[a] | 10.0±0.2[a] | 10.0±0.2[a] |
| 7 | 41.0±3.4[b] | 17.5±0.6[b] | 9.79±0.1 | 8.1±0.1[b] | 7.2±0.1[b] | 6.5±0.1[b] | 7.22±0.3[b] | 7.33±0.1[b] |
| 14 | 33.0±4.6[c] | 15.4±0.2[c] | 8.37±0.1 | 5.3±0.0[c] | 5.6±0.1[c] | 4.8±0.2[c] | 5.53±0.1[c] | 5.6±0.1[c] |
| ضریب تغییرات CV (%) | 1.0 | 2.8 | 1.3 | 2.1 | 1.7 | 1.2 | 1.5 | 1.8 |

* حروف مشابه در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD می‌باشد.

* In each column, numbers with the common letters have not a significant difference based on LSD test at $p \leq 0.05$.

## نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک و اسید سیتریک روی برخی از ویژگی‌های کیفی و میکروبی هندوانه بریده‌شده انجام شد. این آزمایش شامل استفاده از غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و اسید سیتریک برای ارزیابی تأثیر آن‌ها بر پارامترهای کیفیت و بار میکروبی در برش‌های هندوانه بود. ویژگی‌-های کیفیت، از جمله رنگ، سفتی، شیرینی و جذابیت بصری کلی، با استفاده از روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. علاوه‌براین، بار میکروبی، شامل هر دو جمعیت باکتریایی و قارچی، برای ارزیابی پتانسیل ضدمیکروبی اسیدهای اعمال‌شده تعیین شد. نتایج حاکی از اثرات معنی‌دار اسید سالیسیلیک و اسید سیتریک بر حفظ برخی از صفات کیفی و کاهش آلودگی میکروبی در برش‌های هندوانه بود. این تحقیق بینش‌های ارزشمندی را در مورد استفاده از اسید سالیسیلیک و اسید سیتریک به‌عنوان عوامل بالقوه برای بهبود کیفیت و ایمنی هندوانه بریده‌شده ارائه می‌دهد.


**References**

1. Aghdam, M.S., Asghari, M., Babalar, M., & Sarcheshmeh, M.A.A. (2016). *Impact of Salicylic Acid on Postharvest Physiology of Fruits and Vegetables*. p. 243-268. In Eco-friendly technology for postharvest produce quality. Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804313-4.00008-6
2. Ali, S., Masud, T., Abbasi, K.S., Mahmood, T., & Ali, A. (2013). Effect of different concentrations of salicylic acid on keeping quality of apricot cv. Habi at ambient storage. *Journal of Biological and Food Science Research*, *2*(6), 69-78.

3. Alibeygi, B., Soltani, F., & Kalantary, S. (2018). Effect of different irrigation regims on quality and shelf life of half fresh cut watermelon (*Citrullus lunatus* cv. Crimson Sweet). *Iranian Journal of Horticultural Science*, *49*(1), 117-131. (in Persian with English abstract)
4. Babalar, M., Asghari, M., Talaei, A., & Khosroshahi, A. (2007). Effect of pre-and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. *Food Chemistry*, *105*(2), 449-453. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.021
5. Chavan, R.F., & Sakhal, B.K. (2020). Studies on the effect of exogenous application of salicylic acid on post-harvest quality and shelf life of tomato fruit Cv. Abhinav. *Food Research*, *4*(S2), 1444-1450.
6. Da Silva, N., Taniwaki, M.H., Junqueira, V.C.A., de Arruda Silveira, N.F., Okazaki, M.M., & Gomes, R.A.R. (2018). *Microbiological Examination Methods of Food and Water: A Laboratory Manual*. CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781315165011
7. Dokhanieh, A.Y., Aghdam, M.S., Fard, J.R., & Hassanpour, H. (2013). Postharvest salicylic acid treatment enhances antioxidant potential of cornelian cherry fruit. *Scientia Horticulturae*, *154*, 31-36. https://doi.org/10.1201/9781315165011
8. Ebadi, M., Soltani, F., Mostofi, Y., & Arjmandi, M. (2012). *Fresh-cut quality of watermelon during storage at different temperatures*. In VII International Postharvest Symposium 1012, pp. 497-502.
9. H Abd El-Aziz, M. (2020). Effect of hydro-cooling and immersion in salicylic acid and citric acid on quality and storability of guava fruits (*Psidium guajava* L.). *Annals of Agricultural Science, Moshtohor*, *58*(3), 615-632. https://dx.doi.org/10.21608/assjm.2020.127287
10. Krause, M.R., Santos, M.N.D.S., Moreira, K.F., Tolentino, M.M., & Mapeli, A.M. (2021). Extension of the vase life of *Lilium pumilum* cut flowers by pulsing solution containing sucrose, citric acid and silver thiosulfate. *Ornamental Horticulture*, *27*, 344-350. https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i3.2330
11. Lin, Q., Wang, C., Dong, W., Jiang, Q., Wang, D., Li, S., Chen, M., Liu, C., Sun, C., & Chen, K., (2015). Transcriptome and metabolome analyses of sugar and organic acid metabolism in ponkan (C*itrus reticula*ta) fruit during fruit maturation. *Gene*, *554*(1), 64-74. https://doi.org/10.1016/j.gene.2014.10.025
12. Lyousfi, N., Lahlali, R., Letrib, C., Belabess, Z., Ouaabou, R., Ennahli, S., Blenzar, A., & Barka, E.A., (2021). Improving the biocontrol potential of bacterial antagonists with salicylic acid against brown rot disease and impact on nectarine fruits quality. *Agronomy*, *11*(2), 209. https://doi.org/10.3390/agronomy11020209
13. Mendoza-Enano, M.L., Stanley, R., & Frank, D. (2019). Linking consumer sensory acceptability to volatile composition for improved shelf-life: A case study of fresh-cut watermelon (C*itrullus lanatus). Postharvest Biology and Technology*, *154*, 137-147. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.03.018
14. Milosevic, N., & Slusarenko, A.J. (1996). Active oxygen metabolism and lignification in the hypersensitive response in bean. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, *49*(3), 143-158. https://doi.org/10.1006/pmpp.1996.0045
15. Okolie, N.P., & Sanni, T.E. (2012). Effect of postharvest treatments on quality of whole tomatoes. *African Journal of Food Science*, *6*(3), 70-76.
16. Panou, A.A., Karabagias, I.K., & Riganakos, K.A. (2018). The effect of different gaseous ozone treatments on physicochemical characteristics and shelf life of apricots stored under refrigeration. *Journal of Food Processing and Preservation*, *42*(5), e13614. https://doi.org/10.1111/jfpp.13614
17. Patrignani, F., Siroli, L., Serrazanetti, D.I., Gardini, F., & Lanciotti, R. (2015). Innovative strategies based on the use of essential oils and their components to improve safety, shelf-life and quality of minimally processed fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, *46*(2), 311-319. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.03.009
18. Pilizota, V.L.A.S.T.A., & Sapers, G.M. (2004). Novel browning inhibitor formulation for fresh-cut apples. *Journal of Food Science*, *69*(4), SNQ140-SNQ143. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb06354.x
19. Poole, K.G. (1994). Characteristics of an unharvested lynx population during a snowshoe hare decline. *The Journal of Wildlife Management*, *58*(4), 608-618.
20. Saftner, R., Luo, Y., McEvoy, J., Abbott, J.A., & Vinyard, B. (2007). Quality characteristics of fresh-cut watermelon slices from non-treated and 1-methylcyclopropene-and/or ethylene-treated whole fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *44*(1), 71-79. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.11.002

21. Sirikhet, J., Chanmahasathien, W., Raiwa, A., & Kiattisin, K. (2021). Stability enhancement of lycopene in *Citrullus lanatus* extract via nanostructured lipid carriers. *Food Science and Nutrition*, *9*(3), 1750-1760. https://doi.org/10.1002/fsn3.2156
22. Smith, B., Ortega, A., Shayanfar, S., & Pillai, S.D. (2017). Preserving quality of fresh cut watermelon cubes for vending distribution by low-dose electron beam processing. *Food Control*, *72*, 367-371. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.02.017
23. Sommers, C.H., Fan, X., Handel, A.P., & Sokorai, K.B. (2003). Effect of citric acid on the radiation resistance of *Listeria monocytogenes* and frankfurter quality factors. *Meat Science*, *63*(3), 407-415. https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00100-6
24. Tareen, M.J., Abbasi, N.A., & Hafiz, I.A. (2012). Effect of salicylic acid treatments on storage life of peach fruits cv.'Flordaking'. *Pakistan Journal of Botany*, *44*(1), 119-124.
25. Ul Haq, A., Lone, M.L., Farooq, S., Parveen, S., Altaf, F., Tahir, I., & El-Serehy, H.A. (2022). Efficacy of salicylic acid in modulating physiological andbiochemical mechanisms to improve postharvest longevity in cut spikes of *Consolida ajacis* (L.) Schur. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *29*(2), 713-720. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.11.057
26. Whangchai, K., Saengnil, K., & Uthaibutra, J. (2006). Effect of ozone in combination with some organic acids on the control of postharvest decay and pericarp browning of longan fruit. *Crop Protection*, *25*(8), 821-825. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.11.003
27. Xue, C., Guan, S.C., Chen, J.Q., Wen, C.J., Cai, J.F., & Chen, X. (2020). Genome wide identification and functional characterization of strawberry pectin methylesterases related to fruit softening. *BMC Plant Biology*, *20*(1), 1-17.
28. Zamuz, S., Munekata, P.E., Gullón, B., Rocchetti, G., Montesano, D., & Lorenzo, J.M. (2021). *Citrullus lanatus* as source of bioactive components: An up-to-date review. *Trends in Food Science and Technology*, *111*, 208-222.
29. Zhang, Y., Chen, K., Zhang, S., & Ferguson, I. (2003). The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, *28*(1), 67-74. https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00172-2
30. Zhao, Z.H., Liu, M.J., Liu, P., Liu, X.Y., Dai, L., Yang, L., & Tian, S.L. (2009). Effects of citric acid treatments on the postharvest fruit quality of *Ziziphus jujuba* Mill.'Linyilizao'. *Acta Horticulturae, 840*, 513-516.